

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application: 2002年12月26日

出願番号  
Application Number: 特願2002-378578  
[ST. 10/C]: [JP2002-378578]

出願人  
Applicant(s): 信越半導体株式会社  
株式会社ナノテコ

2003年 9月16日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫

出証番号 出証特2003-3076050



【書類名】 特許願

【整理番号】 AX0239552S

【提出日】 平成14年12月26日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 33/00

【発明者】

    【住所又は居所】 群馬県安中市磯部二丁目 1 3 番 1 号 信越半導体株式会  
社 磯部工場内

    【氏名】 山田 雅人

【発明者】

    【住所又は居所】 群馬県安中市磯部二丁目 1 3 番 1 号 信越半導体株式会  
社 磯部工場内

    【氏名】 高橋 雅宣

【発明者】

    【住所又は居所】 群馬県安中市磯部二丁目 1 3 番 1 号 信越半導体株式会  
社 磯部工場内

    【氏名】 鈴木 金吾

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県川崎市榎形 6 - 5 - 2 フローラルガーデン向  
ヶ丘遊園 3 0 8

    【氏名】 野崎 眞次

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区久が原 4 - 5 - 7

    【氏名】 内田 和男

【発明者】

    【住所又は居所】 埼玉県鶴ヶ島市鶴が丘 2 7 - 1 6 - 6 0 6

    【氏名】 森崎 弘

## 【特許出願人】

【持分】 008/010  
【識別番号】 000190149  
【氏名又は名称】 信越半導体株式会社

## 【特許出願人】

【持分】 002/010  
【識別番号】 501045021  
【氏名又は名称】 株式会社ナノテコ

## 【代理人】

【識別番号】 100095751  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 菅原 正倫  
【電話番号】 052-212-1301

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 003388  
【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1  
【物件名】 図面 1  
【物件名】 要約書 1  
【包括委任状番号】 9901665  
【包括委任状番号】 0201235

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 発光素子及び発光素子の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 化合物半導体層からなる発光層部と、該発光層部に発光駆動電圧を印加するための酸化物透明電極層とを有し、前記発光層部からの光を、前記酸化物透明電極層を透過させる形で取り出すようにした発光素子において、

前記発光層部と前記酸化物透明電極層との間に、前記酸化物透明電極層の接合抵抗を減ずるための電極接合層が、該酸化物透明電極層に接するように配置され、前記酸化物透明電極層との接合界面において、前記電極接合層の形成領域と非形成領域とが混在するとともに、

前記電極接合層と前記発光層部との間に、Al を含有した Al 含有介在層が前記電極接合層の形成領域と非形成領域とにまたがる形で配置され、該 Al 含有介在層は、前記電極接合層の形成領域において前記電極接合層と接する Al 含有化合物半導体層と、前記電極接合層の非形成領域に選択的に形成された、少なくとも前記酸化物透明電極層側の最表層部をなす Al 系絶縁層とを有することを特徴とする発光素子。

【請求項 2】 前記電極接合層は化合物半導体又は金属よりなることを特徴とする請求項 1 記載の発光素子。

【請求項 3】 前記発光層部は AlGaInP により、第一導電型クラッド層、活性層及び第二導電型クラッド層がこの順序にて積層されたダブルヘテロ構造を有するものとして構成されている請求項 1 又は 2 に記載の発光素子。

【請求項 4】 前記酸化物透明電極層の前記接合界面は、ボンディングパッドの直下領域からなる第一領域と残余の第二領域とを有し、前記第一領域は、前記電極接合層の非形成領域の形成面積率が、前記第二領域よりも大きいことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の発光素子。

【請求項 5】 前記第一領域の全体が前記電極接合層の非形成領域とされ、該非形成領域の全域において前記 Al 系絶縁層が形成されてなることを特徴とする請求項 4 に記載の発光素子。

【請求項 6】 前記第二領域において、前記電極接合層の形成領域と非形成

領域とが混在してなり、該非形成領域の全域において前記A1系絶縁層が形成されてなることを特徴とする請求項3ないし5のいずれか1項に記載の発光素子。

【請求項7】 前記第二領域において前記電極接合層が化合物半導体又は金属にて構成されることを特徴とする請求項6記載の発光素子。

【請求項8】 前記酸化物透明電極層がITO電極層であり、前記電極接合層がリンを含有しない化合物半導体よりなり、前記A1含有介在層の前記酸化物透明電極層が位置しているのと反対側にリン含有化合物半導体層が接して配置され、前記A1含有介在層は、前記電極接合層よりもバンドギャップエネルギーが大きく、かつリンの含有率が前記リン含有化合物半導体層よりも低いリンブロック層とされたことを特徴とする請求項1ないし7のいずれか1項に記載の発光素子。

【請求項9】 前記リンブロック層はリンを含有しない化合物半導体よりなることを特徴とする請求項8記載の発光素子。

【請求項10】 前記リンブロック層がAlGaAsよりなることを特徴とする請求項9記載の発光素子。

【請求項11】 前記発光層部は、第一導電型クラッド層、活性層及び第二導電型クラッド層がこの順序にて積層されたダブルヘテロ構造を有する化合物半導体よりなり、

前記ボンディングパッドに通電用の電極ワイヤが接合されてなり、

さらに、前記活性層と前記電極接合層との間に位置する前記第二導電型クラッド層を含む化合物半導体層をボンディング側半導体層として、該ボンディング側化合物半導体層は、厚さが0.6  $\mu\text{m}$ 以上10  $\mu\text{m}$ 未満とされ、かつ、少なくとも前記電極接合層との境界を含む第一層と、該第一層と前記活性層との間に位置する第二層とを有してなり、前記第二層の少なくとも前記第一層との境界を含む領域がリンを含有したリン含有化合物半導体層とされ、他方、前記第一層が前記リンブロック層とされたことを特徴とする8ないし10のいずれか1項に記載の発光素子。

【請求項12】 前記ボンディング側半導体層は、前記第二導電型クラッド層と、該第二導電型クラッド層の前記ITO電極層側に接して配置され、前記第

二導電型クラッド層とは異なる組成の化合物半導体により前記リン含有化合物半導体層として構成されたクッション層と、該クッション層と前記電極接合層との間に配置された前記リンブロック層とからなることを特徴とする請求項 11 記載の発光素子。

【請求項 13】 前記クッション層が GaP よりなることを特徴とする請求項 12 記載の発光素子。

【請求項 14】 前記ボンディング側半導体層の前記電極接合層との境界を含む部分を、該部分に対し前記電極接合層の反対側から接するボンディング側半導体層部分よりもバンドギャップエネルギーが小さく、電極接合層よりはバンドギャップエネルギーが大きい中間層とし、該中間層が前記リンブロック層とされてなることを特徴とする請求項 12 又は 13 に記載の発光素子。

【請求項 15】 前記発光層部が AlGaInP よりなり、前記中間層が AlGaAs よりなる請求項 14 記載の発光素子。

【請求項 16】 前記ボンディング側半導体層は、前記第二導電型クラッド層と、該第二導電型クラッド層の前記酸化物透明電極層側に接して配置され、前記第二導電型クラッド層とは異なる組成の化合物半導体により前記リンブロック層として構成されたクッション層とからなり、該クッション層に前記電極接合層が接して配置されてなることを特徴とする請求項 11 記載の発光素子。

【請求項 17】 前記補クッション層が AlGaAs よりなる請求項 16 記載の発光素子。

【請求項 18】 前記クッション層が、前記第二導電型クラッド層よりも低いドーパント濃度の化合物半導体よりなることを特徴とする請求項 12 ないし 17 のいずれか 1 項に記載の発光素子。

【請求項 19】 前記ボンディング側半導体層は、厚さが  $0.6\ \mu\text{m}$  以上  $10\ \mu\text{m}$  未満の前記第二導電型クラッド層を有し、該第二導電型クラッド層が前記リン含有化合物半導体層として構成され、該第二導電型クラッド層と接する形で前記リンブロック層が配置されてなることを特徴とする請求項 11 記載の発光素子。

【請求項 20】 前記リンブロック層は、前記第二導電型クラッド層よりも

バンドギャップエネルギーが小さく、電極接合層よりはバンドギャップエネルギーが大きい中間層とされてなることを特徴とする請求項19記載の発光素子。

【請求項21】 前記第二導電型クラッド層がAlGaInPよりなり、前記中間層がAlGaAsよりなることを特徴とする請求項20記載の発光素子。

【請求項22】 発光層部を有した化合物半導体層の少なくとも一方の主表面に、Al系絶縁層が前記主表面の一部領域をなす形で選択的に形成された発光素子の製造方法であって、

前記化合物半導体層を成長する際に、その表層部にAl含有化合物半導体層と、Al非含有化合物半導体層とを、Al非含有化合物半導体層が最表面側に配置されるように成長する化合物半導体層成長工程と、

前記Al非含有化合物半導体層の一部領域を、前記Al含有化合物半導体層をエッチストップ層として化学エッチングすることにより除去してパターンングするとともに、当該Al非含有化合物半導体層の除去領域に露出したAl含有化合物半導体層の少なくとも表層部を、前記化学エッチングのエッチング液と反応させて前記Al系絶縁層となす選択エッチング工程と、

を含むことを特徴とする発光素子の製造方法。

【請求項23】 前記Al含有化合物半導体層がAlGaAsであり、前記Al非含有化合物半導体層がGaAsであり、前記エッチング液がアンモニア／過酸化水素混合溶液であることを特徴とする請求項22記載の発光素子の製造方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

この発明は発光素子に関する。

##### 【0002】

#### 【従来の技術】

#### 【特許文献1】

特開平6-188455号公報

## 【特許文献 2】

特開平 1-225178 号公報

## 【0003】

$(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$  混晶（ただし、 $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ （以下、 $\text{AlGaInP}$  混晶、あるいは単に  $\text{AlGaInP}$  と記載する）により発光層部が形成された発光素子は、薄い  $\text{AlGaInP}$  活性層を、それよりもバンドギャップの大きい  $n$  型  $\text{AlGaInP}$  クラッド層と  $p$  型  $\text{AlGaInP}$  クラッド層とによりサンドイッチ状に挟んだダブルヘテロ構造を採用することにより、高輝度の素子を実現できる。また、近年では、 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{N}$ （ただし、 $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ,  $x + y \leq 1$ ）を用いて同様のダブルヘテロ構造を形成した青色発光素子も実用化されている。

## 【0004】

例えば、 $\text{AlGaInP}$  発光素子を例に取れば、 $n$  型  $\text{GaAs}$  基板上にヘテロエピタキシャル成長させる形にて、 $n$  型  $\text{GaAs}$  バッファ層、 $n$  型  $\text{AlGaInP}$  クラッド層、 $\text{AlGaInP}$  活性層、 $p$  型  $\text{AlGaInP}$  クラッド層をこの順序にて積層し、ダブルヘテロ構造をなす発光層部を形成する。発光層部への通電は、素子表面に形成された金属電極を介して行なわれる。ここで、金属電極は遮光体として作用するため、例えば発光層部主表面の中央部のみを覆う形で形成され、その周囲の電極非形成領域から光を取り出すようにする。

## 【0005】

この場合、金属電極の面積をなるべく小さくしたほうが、電極の周囲に形成される光漏出領域の面積を大きくできるので、光取出し効率を向上させる観点において有利である。従来、電極形状の工夫により、素子内に効果的に電流を拡げて光取出量を増加させる試みがなされているが、電極面積の増大は避けがたく、光漏出面積の減少により却って光取出量が制限されるジレンマに陥っている。そこで、金属電極に代えて、高導電率の  $\text{ITO}$ （Indium Tin Oxide：酸化インジウム錫）透明電極層にて発光層部主表面を覆い、光取出効率を高める提案が、例えば特許文献 1 あるいは特許文献 2 にてなされている。

## 【0006】



**【発明が解決しようとする課題】**

しかしながら、本発明者らが検討したところによると、ITOからなる透明導電層は、そのままでは素子側の化合物半導体層との接触抵抗が高くなりやすく、直列抵抗増大による発光効率の低下が避けがたくなることがわかった。例えば特許文献2には、InGaAs層よりなる電極接合層を、ITO透明導電層の全面に対応させる形で素子側の化合物半導体層との間に介在させ、接触抵抗を減ずる方法が提案されている。しかし、電極接合層はオーミックコンタクト確保のためバンドギャップエネルギーの低いInGaAs等で構成せざるを得ず、ごく薄く形成しても、光吸収による取出効率の低下が避け難い問題がある。また、透明電極を用いた場合でも、素子化の際には通電用ワイヤを接合するための金属製のボンディングパッドを透明電極上に配置しなければならない。この場合、導電性の良好な金属製のボンディングパッドの形成領域に駆動電圧が集中しやすいため、光取出領域となるパッドの周囲領域では電流が不足して光取出効率が低下しやすく、ひいては透明電極を採用することによる効果が必ずしも十分に発揮できない問題がある。

**【0007】**

本発明は、酸化物透明電極層を発光駆動用の電極として有し、かつ酸化物透明電極層による光取出効率の改善効果をより有効に引き出すことができる発光素子を提供することにある。

**【0008】****【課題を解決するための手段及び作用・効果】**

上記の課題を解決するために、本発明の発光素子は、

化合物半導体層からなる発光層部と、該発光層部に発光駆動電圧を印加するための酸化物透明電極層とを有し、発光層部からの光を、酸化物透明電極層を透過させる形で取り出すようにした発光素子において、

発光層部と酸化物透明電極層との間に、酸化物透明電極層の接合抵抗を減ずるための電極接合層が、該酸化物透明電極層に接するように配置され、酸化物透明電極層との接合界面において、電極接合層の形成領域と非形成領域とが混在するとともに、

電極接合層と発光層部との間に、Alを含有したAl含有介在層が電極接合層の形成領域と非形成領域とにまたがる形で配置され、該Al含有介在層は、電極接合層の形成領域において電極接合層と接するAl含有化合物半導体層と、電極接合層の非形成領域に選択的に形成された、少なくとも酸化物透明電極層側の最表層部をなすAl系絶縁層とを有することを特徴とする。

#### 【0009】

既に説明した通り、ITO等の酸化物透明電極層は、素子側の化合物半導体層と直接接合しようとしたとき、良好なオーミック接合が必ずしも形成されず、接触抵抗に基づく直列抵抗増大により発光効率が低下することがある。しかしながら、本発明の発光素子は、酸化物透明電極層の接触抵抗を減ずるための電極接合層を、酸化物透明電極層の素子側に接するように配置することにより、酸化物透明電極層の接触抵抗を下げることができる。さらに、酸化物透明電極層との接合界面において、電極接合層の形成領域と非形成領域とを混在させることにより、電極接合層が、発光層部からの光を吸収しやすい性質を有している場合においても、電極接合層の形成領域直下にて発生した光は、これと隣接する非形成領域から漏出することにより、電極接合層による光吸収を抑制することができる。このように電極接合層を形成することにより、素子全体の光取出効率を高めることができる。

#### 【0010】

また、本発明においては、電極接合層と発光層部との間に、Alを含有した化合物半導体よりなるAl含有介在層が、電極接合層の形成領域と非形成領域とにまたがる形で配置され、かつ、電極接合層の非形成領域において、該Al含有介在層の酸化物透明電極層側の最表層部にAl系絶縁層を選択的に形成した。これにより、電極接合層の非形成領域においては、酸化物透明電極層からの電流漏洩がAl系絶縁層により遮断され、電極接合層の形成領域に発光駆動電流を集中できるから、電極接合層の形成形態に応じて発光層部面内の所望の領域に電流を効果的に分配でき、発光効率や光取出し効率の向上に寄与できる。そして、このAl系絶縁層は、Al含有介在層の表層酸化により形成も極めて容易である。特に、電極接合層の形成領域を化学エッチングによりパターンニングする際に、Al含

有介在層層上に重ねて形成した電極接合層を、下地となる Al 含有介在層層を残して選択的に化学エッチングする際、Al 含有介在層層の少なくとも最表層部をエッチング液との接触により酸化させる。すると、電極接合層のパターニング工程にて Al 系絶縁層を同時に形成できるので、効率的である。

#### 【0011】

なお、Al 含有介在層において、電極接合層の形成領域において電極接合層と接する Al 含有化合物半導体層は、電極接合層の非形成領域にまたがる形で形成されていてもよい。この場合、電極接合層の非形成領域においては、Al 含有介在層の最表層部のみが Al 系絶縁層となり、残部が Al 含有化合物半導体層となる。この構成は、電極接合層の非形成領域において、Al 含有化合物半導体層の表層部のみを酸化した場合に得られる。他方、電極接合層の非形成領域において Al 含有介在層の全体が Al 系絶縁層となってもよい。この構成は、電極接合層の非形成領域において、Al 含有化合物半導体層の全体を酸化した場合に得られ、特に Al 含有化合物半導体層が薄い場合は該構造となりやすい。

#### 【0012】

電極接合層は化合物半導体又は金属にて構成できる。特に化合物半導体により構成することが、光吸収抑制の観点にて望ましい。しかしごく薄いものであれば、金属により構成することも可能である。また、後述のごとく、光取出領域の全面を電極接合層にて覆わないのであれば、電極接合層の非形成領域において光取出が可能となる。この場合、遮光性の高い金属にて電極接合層を構成することもできる。金属よりなる電極接合層は導電率が高いので、発光素子の直列抵抗低減の観点において有利である。

#### 【0013】

発光層部は、AlGaInP により、第一導電型クラッド層、活性層及び第二導電型クラッド層がこの順序にて積層されたダブルヘテロ構造を有するものとして構成できる。これにより高輝度の発光素子を実現できる。

#### 【0014】

酸化物透明電極層の接合界面は、ボンディングパッドの直下領域からなる第一領域と残余の第二領域とを有し、第一領域は、電極接合層の非形成領域の形成面

積率を第二領域よりも大きくすることができる。上記の構成によると、光取り出し量が少ないボンディングパッドの直下領域（第一領域）において、光取り出し量が多い残余の領域（第二領域）よりも、電極接合層の非形成領域の形成面積率が大きくされ、しかも該非形成領域に Al 系絶縁層が形成されていることから、第一領域における酸化物透明電極層の接触抵抗が第二領域よりも大幅に高くなる。その結果、発光素子の駆動電流は、第一領域を迂回して第二領域に流れる成分が大きくなり、光取出効率を顕著に高めることができる。

#### 【0015】

なお、光取り出し量が少ない第一領域にはなるべく発光駆動電流が流れないことが、光取出効率向上の観点においては望ましい。従って、第一領域には電極接合層が可及的に形成されていないこと、具体的には、第一領域の全体が電極接合層の非形成領域とされ、該非形成領域の全域において Al 系絶縁層が形成されていることが望ましい。また、電極接合層による光吸収を抑制して光取出し効率を高めるためには、酸化物透明電極層との接合界面のうち、発光層部からの光を外部へ取り出す量が多い第二領域（つまり、光取出領域）において少なくとも、電極接合層の形成領域と非形成領域とが混在してなることが望ましい。この場合も、上記電極接合層の非形成領域の全域において Al 系絶縁層が形成されていることが、発光駆動電流を第二領域の面内に均一に分配し、発光効率を高める上で望ましい。なお、前述の通り、光取出領域である第二領域に電極接合層の形成領域と非形成領域とを混在させる場合、該第二領域においては、電極接合層を化合物半導体又は金属のいずれで形成してもよい。

#### 【0016】

酸化物透明電極層は、例えば ITO にて構成できる。ITO は、酸化スズをドープした酸化インジウム膜であり、酸化スズの含有量を 1～9 質量% とすることで、電極層の抵抗率を  $5 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$  以下の十分低い値とすることができる。なお、ITO 電極層以外では、ZnO 電極層が高導電率であり、本発明に採用可能である。また、酸化アンチモンをドープした酸化スズ（いわゆるネサ）、 $\text{Cd}_2\text{SnO}_4$ 、 $\text{Zn}_2\text{SnO}_4$ 、 $\text{ZnSnO}_3$ 、 $\text{MgIn}_2\text{O}_4$ 、酸化イットリウム（Y）をドープした  $\text{CdSb}_2\text{O}_6$ 、酸化スズをドープした  $\text{GaInO}_3$

なども酸化物透明電極層の材質として使用することができる。これらの酸化物透明電極は可視光に対して良好な透過性を有し（つまり、透明であり）、発光層部への電圧印加用電極として用いる場合、光の取出しを妨げない利点がある。また、該酸化物透明電極層上に形成されるボンディングパッドを介して素子駆動用の電圧を印加したとき、電流を面内に広げて発光を均一化し高効率化する役割も担う。これらの酸化物透明電極は、公知の気相成膜法、例えば化学蒸着法（chemical vapor deposition: CVD）あるいはスパッタリングや真空蒸着などの物理蒸着法（physical vapor deposition: PVD）、あるいは分子線エピタキシャル成長法（molecular beam epitaxy: MBE）にて形成することができる。例えば、ITO層やZnO電極層は高周波スパッタリング又は真空蒸着により製造でき、また、ネサ膜はCVD法により製造できる。また、これら気相成長法に代えて、ゾルーゲル法など他の方法を用いて形成してもよい。

#### 【0017】

酸化物透明電極層がITO電極層である場合、リンを含有しない化合物半導体より電極接合層を形成し、Al含有介在層の酸化物透明電極層が位置しているのと反対側にリン含有化合物半導体層を接して配置し、Al含有介在層を、電極接合層よりもバンドギャップエネルギーが大きく、かつリンの含有率がリン含有化合物半導体層よりも低いリンブロック層とすることが好ましい。

#### 【0018】

本発明者らが検討したところによると、酸化物透明電極層がITO電極層として形成されている場合、ITO電極層の下側に位置する半導体層のうち、ITO電極層の近くに形成されている化合物半導体がリンを含む化合物半導体、特に、リンをV族元素の主体とするIII-V族化合物半導体である場合に、形成したITO電極層と半導体層との密着力が低下しやすいことが判明した。

#### 【0019】

リンを含有しない化合物半導体にて電極接合層を構成する場合、電極接合層は発光波長に対応するエネルギーよりもバンドギャップエネルギーが小さく設定されるため、発光層部からの光吸収を避けるため、3～30nm程度の小さな膜厚で形成される。この場合、半導体層のうち電極接合層と接している部分が、Ga

Pなどのリン含有化合物半導体にて構成されていると、ITO電極層の成膜中の熱履歴や、その後、必要に応じて行われる熱処理の影響により、上記リン含有化合物半導体からP成分が、薄い電極接合層を通過してITO層側に拡散し、これが原因となってITO電極層の密着力が低下する。

#### 【0020】

そこで、電極接合層と発光層部との間に形成されるAl含有介在層を上記のようなリンブロック層としておけば、以下の効果が達成される。リンブロック層は、電極接合層よりもバンドギャップエネルギーが大きいいため、発光層部からの発光光束に対する吸収は電極接合層より小さい。そして、電極接合層と反対側に位置するリン含有化合物半導体層よりもリンの含有率を低く設定してあるので、ITO電極層側に向けたリン拡散は生じにくい。従って、このようなリンブロック層を介挿することにより、リン含有化合物半導体層からのリン成分は、リンブロック層と電極接合層との双方を通過しなければ、ITO電極層に到達することができなくなる。その結果、ITO電極層へのリン拡散が大幅に抑制され、ITO電極層の密着強度を向上させることができる。

#### 【0021】

リンブロック層はリンを含有しない化合物半導体により構成することが、ITO電極層へのリン拡散抑制効果を高める上でより望ましい。また、リンブロック層は、具体的にはAlGaAsにて構成することが、ITO電極層に向けたリン拡散の抑制と、発光層部からの発光光束に対する吸収抑制の双方の観点において望ましい。AlGaAsは、AlAsとGaAsとの混晶であり、AlAs混晶比をbとすると、 $Al_bGa_{1-b}As$ と表され、発光波長エネルギーよりもバンドギャップエネルギーが大きくなるように、その混晶比bが適宜調整される（従って、活性層の材質によってbの値は異なる）。この場合、活性層のバンドギャップエネルギーよりも、AlGaAsよりなるリンブロック層のバンドギャップエネルギーは、光吸収が生じないように、最低でも0.1eV以上は大きくすることが望ましい。他方、耐湿性確保を考慮して、AlGaAsよりなるリンブロック層のAlAs混晶比bは、0.85以下の範囲で調整することが望ましい。

## 【0022】

電極接合層は、具体的には、Alを含有せず、かつバンドギャップエネルギーが比較的小さい（例えば1.42 eV未満）化合物半導体からなるものを好適に採用することができる。このような電極接合層を用いることにより、良好なオーミックコンタクトが得られ、また、Al成分酸化による抵抗増加も生じにくい。

## 【0023】

電極接合層は、バンドギャップエネルギーが発光波長に対応するエネルギーよりも小さく設定されていると、発光層部からの光を吸収する作用を有するので、光取出し効率向上のため、その厚さをなるべく小さくすることが望ましく、例えば3 nm以上30 nm以下に設定することが望ましい。厚さが30 nmを超えると光吸収の影響が大きくなり、3 nm未満では、電極接合層をなす化合物半導体のバルクとしての結晶構造を維持が困難となり、接合抵抗低減効果が十分に得られなくなる。また、ITO層へのリン拡散抑制効果を顕著なものとするためには、リンブロック層（Al系介在物層）と電極接合層との合計厚さを20 nm以上に調整することが望ましい。該合計厚さが20 nm未満では、リン拡散抑制効果が顕著でなくなるので望ましくない。

## 【0024】

酸化物透明電極層がITO電極層の場合、電極接合層は、例えばInGaAs層やGaAs層を使用することができる。該電極接合層は、（少なくとも）ITO電極層との接合界面において、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ （ $0 < x \leq 1$ ）となっていることにより、接触抵抗低減効果を特に高めることができる。 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ （ただし、 $0 \leq x \leq 1$ ， $0 \leq y \leq 1$ ）により発光層を形成する場合、GaAs層をITO電極層と接するように形成し、その後、熱処理を行なうことにより、ITO電極層からGaAs層にInを拡散させて、Inを含有したGaAsよりなる電極接合層となすことができる。

## 【0025】

第一導電型クラッド層、活性層及び第二導電型クラッド層がこの順序にて積層されたダブルヘテロ構造を有する化合物半導体により発光層部が形成された構成において、前述のボンディングパッドに通電用の電極ワイヤを接合する場合、活

性層と電極接合層との間に位置する第二導電型クラッド層を含む化合物半導体層をボンディング側半導体層として、該ボンディング側化合物半導体層の厚さを  $0.6\ \mu\text{m}$  以上  $10\ \mu\text{m}$  未満とすることが望ましい。例えばワイヤの接合を、超音波溶接や、これにさらに熱を付加するサーモソニックボンディングにより行なう場合、ボンディングパッド直下の化合物半導体層には、超音波や加熱（さらには加圧）による衝撃応力が集中し、転位などの結晶欠陥が損傷として導入される。その損傷領域が活性層部に及んだ場合、具体的には次のような不具合を招く。

①発光輝度の直接的な低下。結晶欠陥による非発光遷移過程の増加が原因として考えられる。

②素子ライフの低下。転位の形成された発光層に通電を継続すると、転位に電流が集中して転位の増殖が起こりやすくなり、発光輝度の経時的な劣化を引き起こす。

#### 【0026】

しかしながら、ボンディング側化合物半導体層の厚さを上記のごとく確保することで、ボンディングパッドに電極ワイヤを接合する際の損傷領域が仮に生じても、該損傷領域の影響はボンディング側半導体層に留まり、活性層にその影響が及びにくくなる。ただし、ボンディング側半導体層を過度に厚く形成することは、発光素子の製造能率低下につながるもので、該厚さの上限は  $10\ \mu\text{m}$  とする。

#### 【0027】

上記のようなボンディング側半導体層は、少なくとも電極接合層との境界を含む第一層と、該第一層と活性層との間に位置する第二層とを有するものとして構成でき、第二層の少なくとも第一層との境界を含む領域を、リンを含有したリン含有化合物半導体層とし、他方、第一層をリンブロック層とすることができる。これにより、リン含有化合物半導体層からITO電極層へのリン拡散が大幅に抑制され、ボンディング側半導体層に対するITO電極層の密着強度を向上させることができる。

#### 【0028】

リンブロック層は、ボンディング側半導体層の構成に応じて種々の形態に形成できる。例えば、ボンディング側半導体層は、第二導電型クラッド層と、該第二



導電型クラッド層の酸化物透明電極層側に接して配置され、第二導電型クラッド層とは異なる組成の化合物半導体によりリン含有化合物半導体層として構成されたクッション層と、該クッション層と電極接合層との間に配置されたリンブロック層とからなるものとして構成できる。クッション層の介在により、電極ワイヤを接合時に生ずる損傷領域の影響が活性層に及びにくくすることができる。また、このクッション層がリン含有化合物半導体層として構成されているにもかかわらず、リンブロック層の介在によりITO電極層へのリン拡散が大幅に抑制され、ITO電極層の密着強度を高めることができる。この場合、該クッション層は、例えば可視光に対する透明性が高いGaPにて構成すると、光取出し効率を高めることができる。

#### 【0029】

この場合、ボンディング側半導体層の電極接合層との境界を含む部分を、該部分に対し電極接合層の反対側から接するボンディング側半導体層部分よりもバンドギャップエネルギーが小さく、電極接合層よりはバンドギャップエネルギーが大きい中間層とすることができる。ボンディング側半導体層と電極接合層とのバンド端不連続値が大きい場合は、図11に示すように、接合によるバンドの曲がりにより、形成されるヘテロ障壁の高さ $\Delta E$ が大きくなり、コンタクト抵抗の増大につながる。そこで、図12に示すように、上記のような中間層を挿入すると、電極接合層と中間層、及び中間層とこれに接するボンディング側半導体層部分とのそれぞれはバンド端不連続値が小さくなるので、各々形成される障壁高さ $\Delta E$ も小さくなる。その結果、直列抵抗が軽減されて、低い駆動電圧にて十分に高い発光強度を達成することが可能となる。なお、本明細書において電極接合層はボンディング側半導体層に属さず、中間層はボンディング側半導体層に属するものとして定義する。

#### 【0030】

そして、該中間層をリンブロック層としても機能するものとして構成しておけば、リン含有化合物半導体層となっているボンディング側半導体層部分からの、ITO電極層へのリン拡散抑制効果も同時に達成される。特に、発光層部がAlGaInPにて構成される場合、既に例示した中間層の材質のうち、リンブロッ

ク層としても好適なものは  $\text{AlGaAs}$  である。

#### 【0031】

また、ボンディング側半導体層は、第二導電型クラッド層と、該第二導電型クラッド層の酸化物透明電極層側に接して配置され、第二導電型クラッド層とは異なる組成の化合物半導体によりリンブロック層として構成されたクッション層とからなるものとしても構成できる。この場合、該クッション層に電極接合層が接して配置される。この場合もクッション層の介在により、電極ワイヤを接合時に生ずる損傷領域の影響を活性層に及びにくくすることができる。そして、該構成では、クッション層自体をリンブロック層として構成することで、ITO電極層へのリン拡散抑制効果も同時に達成される。このようなクッション層は、具体的には  $\text{AlGaAs}$  にて構成することができる。

#### 【0032】

クッション層は、第二導電型クラッド層よりも低いドーパント濃度の化合物半導体とすることが好ましい。クッション層がこれと接する第二導電型クラッド層よりも低いドーパント濃度を有していると、クッション層から第二導電型クラッド層内へのドーパント原子の流入が抑制され、素子ライフの大幅な向上を図ることができる。また、成長時にドーパントが第二導電型クラッド層に逆拡散する不具合も生じにくい。

#### 【0033】

クッション層は、発光層部からの光をなるべく吸収しない材質にて構成することが、光取出し効率を向上させる上で望ましい。そのためには、クッション層をなす化合物半導体として、発光層部の活性層よりもバンドギャップの大きいものを使用することが有効である。 $\text{AlGaInP}$  にて発光層部を構成する場合、クッション層の具体的な材質として、 $\text{AlGaAs}$ 、 $\text{GaP}$ 、 $\text{GaAsP}$ 、 $\text{AlGaAsP}$  を例示できる。また、クッション層を薄く形成すると、光吸収抑制の観点において有利に作用する。クッション層の厚さは、具体的には  $0.1\ \mu\text{m}$  以上  $5\ \mu\text{m}$  以下に調整することが望ましい。クッション層の厚さが  $0.1\ \mu\text{m}$  未満では、ボンディング側半導体層の全厚が不足しやすくなり、電極ワイヤ接合時の影響が発光層部へ及びやすくなる。また、クッション層の厚さが  $5\ \mu\text{m}$  を超えると

、ドーパント濃度が低く抑えられている場合に層厚方向の抵抗率が増し、素子の直列抵抗増大による発光効率低下につながる。また、厚いクッション層を成長させるには長時間を要し、原料も多く必要になることから、製造能率の低下とコストの増大を招きやすい。クッション層の厚さは $0.5\mu\text{m}$ 以上 $3\mu\text{m}$ 以下とすることがより望ましい。

#### 【0034】

なお、クッション層は、第二導電型クラッド層よりも高いドーパント濃度の化合物半導体層、例えば電流拡散層とすることも可能である（ただし、本発明の第二の構成のみ）。この場合、素子ライフの向上効果については期待できないが、ITO電極層へのリン拡散抑制効果は問題なく達成することができる。

#### 【0035】

また、ボンディング側半導体層は、厚さが $0.6\mu\text{m}$ 以上 $10\mu\text{m}$ 未満の第二導電型クラッド層を有するものとしても構成できる。そして、該第二導電型クラッド層をリン含有化合物半導体層として構成する場合、該第二導電型クラッド層と接する形でリンブロック層を配置することができる。第二導電型クラッド層を上記のように十分厚く構成することにより、電極ワイヤを接合時に生ずる損傷領域の影響を活性層に及びにくくすることができる。そして、該第二導電型クラッド層と電極接合層との間にリンブロック層を介在させることにより、ITO電極層へのリン拡散抑制効果も同時に達成される。

#### 【0036】

この場合も、リンブロック層は、第二導電型クラッド層よりもバンドギャップエネルギーが小さく、電極接合層よりはバンドギャップエネルギーが大きい中間層としておけば、素子の直列抵抗を軽減できる。具体的には、第二導電型クラッド層がAlGaInPよりなり、中間層がAlGaAsよりなる構成を例示できる。

#### 【0037】

なお、前述のごとくAl含有介在層が薄いとき、電極接合層の非形成領域において、Al含有介在層の全体がAl系絶縁層（例えばAl酸化層）となることがあるが、該Al酸化層は、厚さが $0.1\mu\text{m}$ ないしそれ以上確保されていれば、

リンブロック層として十分機能しうる。

#### 【0038】

次に、本発明の発光素子の製造方法は、発光層部を有した化合物半導体層の少なくとも一方の主表面に、Al系絶縁層が主表面の一部領域をなす形で選択的に形成された発光素子の製造方法であって、

化合物半導体層を成長する際に、その表層部にAl含有化合物半導体層と、Al非含有化合物半導体層とを、Al非含有化合物半導体層が最表面側に配置されるように成長する化合物半導体層成長工程と、

Al非含有化合物半導体層の一部領域を、Al含有化合物半導体層をエッチストップ層として化学エッチングすることにより除去してパターンニングするとともに、当該Al非含有化合物半導体層の除去領域に露出したAl含有化合物半導体層の少なくとも表層部を、化学エッチングのエッチング液と反応させてAl系絶縁層となす選択エッチング工程と、を含むことを特徴とする。

#### 【0039】

上記の方法によると、化合物半導体層の表層部にAl含有化合物半導体層とAl非含有化合物半導体層とを積層形成し、Al含有化合物半導体層をエッチストップ層としてAl非含有化合物半導体層を選択エッチングすることにより、Al含有介在層層の少なくとも最表層部をエッチング液との接触により酸化する形でAl系絶縁層を形成できる。すなわち、Al含有化合物半導体層のパターンニング工程にてAl系絶縁層を同時に形成できるので効率的である。例えば、Al含有化合物半導体層がAlGaAsであり、Al非含有化合物半導体層がGaAsである場合、アンモニア／過酸化水素混合溶液よりなるエッチング液が、AlGaAsに対するGaAsの選択エッチング性に優れ、かつAl酸化物よりなるAl系絶縁層を確実に強固に形成できるので、本発明に好適である。

#### 【0040】

##### 【発明の実施の形態】

図1は、本発明の一実施形態である発光素子100を示す概念図である。発光素子100は、n型GaAs単結晶基板（以下、単に「基板」ともいう）7の一方の主表面上に、n型GaAsバッファ層2を介してAlGaInPよりなる発

光層部 24 を形成し、該発光層部 24 を覆うように、p 型のクッション層 20 と、酸化物透明電極層としての ITO 電極層 30 とをこの順序で形成したものである。さらに、ITO 電極層 30 のほぼ中央部には、Au 等にて構成されたボンディングパッド 9 が配置され、ここに Au 等で構成された電極ワイヤ 47 が接合されている。他方、基板 7 の他方の主表面側には、Au-Ge-Ni 合金等の金属からなる裏面電極層 15 が全面に形成されている。

#### 【0041】

発光層部 24 は、各々  $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$  混晶とされるときともに、第一導電型クラッド層 4、第二導電型クラッド層 6、及び第一導電型クラッド層 4 と第二導電型クラッド層 6 との間に位置する活性層 5 からなるダブルヘテロ構造とされている。具体的には、ノンドープ  $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$  (ただし、 $0 \leq x \leq 0.55$ ,  $0.45 \leq y \leq 0.55$ ) 混晶からなる活性層 5 を、p 型  $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$  クラッド層 6 と n 型  $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$  クラッド層 4 とにより挟んだ構造となっている。図 1 の発光素子 100 では、クッション層 20 側に p 型 AlGaInP クラッド層 6 (p 型ドーパントは Zn: 有機金属分子からの C も p 型ドーパントとして寄与しうる) が配置されており、裏面電極層 15 側に n 型 AlGaInP クラッド層 4 (n 型ドーパントは Si) が配置されている。なお、当業者には自明のことであるが、ここでいう「ノンドープ」とは、「ドーパントの積極添加を行なわない」との意味であり、通常の製造工程上、不可避免的に混入するドーパント成分の含有 (例えば  $10^{13} \sim 10^{16} / \text{cm}^3$  程度を上限とする) をも排除するものではない。p 型 AlGaInP クラッド層 6 は、p 型キャリア濃度 (多数キャリア濃度) は、 $5 \times 10^{16} / \text{cm}^3$  以上  $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$  未満、望ましくは、 $1 \times 10^{17} / \text{cm}^3$  以上  $7 \times 10^{17} / \text{cm}^3$  以下である。

#### 【0042】

また、クッション層 20 は、本実施形態では Zn を p 型ドーパントとして添加した AlGaAs 層 (Al 含有介在層: 例えば  $Al_xGa_{1-x}As$  において、 $x = 0.7$  程度) よりなり、p 型ドーパント濃度は、 $4 \times 10^{16} / \text{cm}^3$  以上  $9 \times 10^{17} / \text{cm}^3$  以下、望ましくは  $9 \times 10^{16} / \text{cm}^3$  以上  $6 \times 10^{17}$

／ $\text{cm}^3$ 以下の範囲内で、p型AlGaInPクラッド層6よりも小さく設定されている。該クッション層20の厚さ $t_2$ は $0.1\mu\text{m}$ 以上 $5\mu\text{m}$ 以下、望ましくは $0.5\mu\text{m}$ 以上 $3\mu\text{m}$ 以下である。p型AlGaInPクラッド層6とクッション層20とはボンディング側半導体層60を構成し、その厚さ $t_1$ （つまり、p型AlGaInPクラッド層6とクッション層20との合計厚さ）は $0.6\mu\text{m}$ 以上 $10\mu\text{m}$ 未満である。

#### 【0043】

ITO電極層30とクッション層20の間には、ITO電極層30との接触抵抗を低減する電極接合層31が、ITO電極層30と接する形で配置されている。該電極接合層31は、ITO電極層30との境界を含む部分が少なくともInGaAsとされた化合物半導体層である。電極接合層31は、ITO電極層30の接合界面において、その形成領域と非形成領域とが混在している。具体的には、ボンディングパッド9の直下をなす第一領域PAが電極接合層31の非形成領域であり、光取出領域をなす残余の第二領域SAが電極接合層31の形成領域である。

#### 【0044】

そして、電極接合層31と発光層部24との間に配置された、AlGaAsよりなるクッション層20は、Alを含有した化合物半導体よりなるAl含有介在層を構成する。クッション層20は、電極接合層の形成領域（第二領域）SAと非形成領域（第一領域）PAとにまたがる形で配置されている。そして、図2に示すように、電極接合層31の非形成領域PAの全面に対応して、クッション層20（Al含有介在層）のITO電極層30側の最表層部に、Al酸化物よりなるAl系絶縁層11が選択的に形成されている。

#### 【0045】

電流拡散効果を高めるために電流拡散層を厚く形成した従来の発光素子においては、ボンディングパッドの直下領域外に電流を迂回させるために、電流拡散層中に逆の導電型を有するブロック層を埋め込み形成していたが、構造が複雑化し、製造工数も増大する欠点がある。しかし、上記発光素子100の構成によると、ボンディングパッド9の直下の第一領域PAにおいて、電極接合層31が省略

され、かつ、その全域を覆う形で Al 系絶縁層 11 が形成されていることで、光取出領域である第二領域 SA への電流迂回効果を簡単に達成することができる。また、ITO 電極層 30 の下側に形成されているのは、シート抵抗の比較的高いクッション層 20 であるから、第二領域 SA へ迂回した形で流れ込んだ電流が、クッション層 20 内で第一領域 PA 側へ逆流する不具合も生じにくい。

#### 【0046】

以下、図 1 の発光素子 100 の製造方法について説明する。

まず、図 1 に示すように、GaAs 単結晶基板 7 の第一主表面に、n 型 GaAs バッファ層 2 を、次いで発光層部 24 として、n 型 AlGaInP クラッド層 4、AlGaInP 活性層 5、及び p 型 AlGaInP クラッド層 6（以上図 1 参照）、AlGaAs よりなるクッション層 20（以上図 3 の工程（a）参照）、及び電極接合層 31 となる GaAs 層 31' をこの順序にエピタキシャル成長させ、図 3 の工程（b）の状態とする。ただし、この段階では、ボンディングパッドの直下領域となるべき第一領域も含めて GaAs 層 31' で覆ってある。

#### 【0047】

これら各層のエピタキシャル成長は、公知の有機金属気相エピタキシャル成長（MetalOrganic Vapor Phase Epitaxy：MOVPE）法により行なうことができる。Al、Ga、In、P 及び As の各成分源となる原料ガスとしては以下のようなものを使用できる；

- ・ Al 源ガス；トリメチルアルミニウム（TMA1）、トリエチルアルミニウム（TEA1）など；
- ・ Ga 源ガス；トリメチルガリウム（TMGa）、トリエチルガリウム（TEGa）など；
- ・ In 源ガス；トリメチルインジウム（TMIn）、トリエチルインジウム（TEIn）など。
- ・ P 源ガス；ターシャルブチルホスフィン（TBP）、ホスフィン（PH<sub>3</sub>）など。
- ・ As 源ガス；ターシャルブチルアルシン（TBA）、アルシン（AsH<sub>3</sub>）など。

## 【0048】

また、ドーパントガスとしては、以下のようなものを使用できる；

(p型ドーパント)

- ・Mg源：ビスシクロペンタジエニルマグネシウム ( $Cp_2Mg$ ) など。
- ・Zn源：ジメチル亜鉛 (DMZn)、ジエチル亜鉛 (DEZn) など。

(n型ドーパント)

- ・Si源：モノシランなどのシリコン水素化物など。

## 【0049】

上記各層の成長は、原料ガスの切り替えにより、同一の気相成長装置内で連続的に行なうことができる。また、各層のドーパント濃度は、原料ガスに対するドーパントガスの供給比率により、所望の値に調整することができる。

## 【0050】

次に、GaAs層31'を、周知のフォトリソグラフィ工程により、第一領域PAに形成されたGaAs層が除去されるようにパターニングする。GaAs層31'のパターニングは、例えばアンモニア／過酸化水素混合溶液をエッチング液とした化学エッチングにより行なうことができる。この場合、下地をなすクッション層20がAlGaAsにて構成されており、上記エッチング液によるGaAsエッチングのストップ層として機能する。これにより、GaAs層31'のみを選択エッチングすることができる。そして、エッチング時にクッション層20の最表層部には、アンモニア／過酸化水素混合溶液によるAlGaAs中のAlの選択酸化により、Al酸化物を主体とするAl系絶縁層11が形成される。すなわち、エッチング液がAl酸化物形成の媒体となる。Al系絶縁層11の厚さは、例えば100nm以上200nm以下とされる。Al系絶縁層11の厚さが100nm未満では絶縁効果が不足しやすくなり、200nmを超える膜厚は形成に長時間を有し、製造能率の低下を招くことにつながる。

## 【0051】

次に、図3の工程(b)に示すように、クッション層20上のパターニングされたGaAs層31'を覆うように、公知の高周波スパッタリング法により、ITOよりなるITO電極層30を形成する。図1を援用して説明すれば、ITO



電極層 30 は、第二領域 SA では GaAs 層 31' と接し、第一領域 PA では、クッション層 20 上の Al 系絶縁層 11 (図 2) と接して形成される。次に、この状態で炉の中に配置して、例えば窒素雰囲気中あるいは Ar 等の不活性ガス雰囲気中にて、600℃以上 750℃以下 (例えば 700℃) の低温で、5 秒以上 120 秒以下 (例えば 30 秒) の短時間の熱処理を施す。これにより、ITO 電極層 20 から GaAs 層に In が拡散し、電極接合層 31 (図 1) が得られる。該熱処理により電極接合層 31 は、ITO 電極層との境界近傍における In 濃度  $C_A$  が、In と Ga との合計濃度に対する In の原子比にて、0.1 以上 0.6 以下となる。また、In 濃度は、ITO 電極層 30 から厚さ方向に遠ざかるにつれ連続的に減少するものとなり、ITO 電極層 30 との境界近傍における In 濃度を  $C_A$  とし、これと反対側の境界位置における In 濃度を  $C_B$  としたとき、 $C_B/C_A$  が 0.8 以下となるように調整される。なお、電極接合層 31 は、これと接するボンディング側半導体層部分、すなわち、クッション層 20 が AlGaAs にて構成されることも考慮し、接触抵抗を低減するために、p 型ドーパント濃度が高く (例えば  $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$  程度) 設定されている。

#### 【0052】

そして、図 3 の工程 (c) に示すように、基板 7 の第二主表面に真空蒸着法により裏面電極層 15 を形成する。そして、図 3 の工程 (d) に示すように、ITO 電極層 30 上に、各発光素子チップに対応する領域毎にボンディングパッド 9 を配置し、適当な温度で電極定着用のベーキングを施すことにより、発光素子ウェーハ 50 が得られる。該発光素子ウェーハ 50 は、各発光素子チップ領域を分離するために図 4 の工程 (a) に示すようにハーフダイシングされ、さらに工程 (b) に示すようにダイシング面の加工歪をメサエッチングにより除去した後、工程 (c) に示すスクライビングにより発光素子チップ 51 に分離される。そして、工程 (d) に示すように、裏面電極層 15 (図 3 参照) を Ag ペースト等の導電性ペーストを用いて支持体を兼ねた端子電極 9a に固着する一方、ボンディングパッド 9 に電極ワイヤ 47 を接合 (ボンディング) し、工程 (e) に示すように樹脂モールド 52 を形成することにより発光素子 100 が得られる。

#### 【0053】

各々Auよりなるボンディングパッド9に電極ワイヤ47を接合する場合、例えば、超音波溶接（あるいはサーモソニックボンディング）が用いられる。この超音波溶接の衝撃応力は、ITO電極層30を経てボンディングパッド9の直下のボンディング側半導体層60に及び、結晶欠陥等の損傷領域を形成する。例えば、ITO電極層30の直下に発光層部24が形成されていると、その損傷領域が発光層部24の奥深く、例えば活性層5にまで及び、発光輝度や素子ライフの低下など、特性不良につながる。しかし、本発明の発光素子においては、図1に示すように、クッション層20が介在しているため、損傷領域がクッション層20内に留まり、その影響が発光層部24の奥深くに及ぶにくいので、その分、発光輝度が損なわれる心配がない。

#### 【0054】

また、このクッション層20は、p型ドーパント濃度が $4 \times 10^{16} / \text{cm}^3$ 以上 $9 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 以下の範囲内で、p型AlGaInPクラッド層6よりも小さく設定されている。これにより、発光通電を継続したときに、クッション層20からp型AlGaInPクラッド層6へのp型ドーパントの拡散の、電氣的促進が生じにくくなり、素子ライフが向上する。p型AlGaInPクラッド層6のp型ドーパント濃度は、 $5 \times 10^{16} / \text{cm}^3$ 以上 $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 未満であり、ボンディング側半導体層60全体で見た場合、 $4 \times 10^{16} / \text{cm}^3$ 以上 $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 未満の範囲に収まっている。

#### 【0055】

また、クッション層20は、ドーパント濃度が低いのでシート抵抗は多少大きい、その上に導電率が非常に大きいITO電極層30が形成されているので、該ITO電極層30内にて電流を十分に拡げることができる。そして、クッション層20は、p型ドーパント濃度を前述の範囲に調整することで、層厚方向の導電性は十分に確保されているから、結果として発光層部24への均一な通電が可能となり、発光効率を高めることができる。

#### 【0056】

以下、本発明の発光素子の種々の変形例を説明する（図1の発光素子100との共通部分には共通の符号を付与して、詳細な説明は省略する）。図5に示す発

光素子 200 のように、第二領域 SA に形成する電極接合層 31 は、形成領域と非形成領域とを混在させることができる。この混在パターンは、前述のフォトリソグラフィーによる GaAs 層 31' のパターンニングにより形成できる。該構成では、光取り出し量が多い第二領域 SA において電極接合層 31 の形成領域と非形成領域とを混在させることにより、発光層部 24 で生じた光は電極接合層 31 を透過する経路と、非形成領域において電極接合層 31 を迂回する経路との 2 通りの経路にて取り出される。このうち、後者においては、電極接合層 31 を透過する際の光吸収を生じないので、光取出効率を向上させることができる。また、図 6 に示すように、電極接合層 31 の非形成領域に露出するクッション層 20 の最表層部は A1 系絶縁層 11 で覆われているから、発光駆動電流を電極接合層 31 にのみ効果的に集中できる。そして、第二領域 SA 内に分布する電極接合層 31 を介して、光取出領域直下の発光層部に電流を均一に分配できるので、発光効率をより高めることができる。

#### 【0057】

図 7 (a) ~ (c) に示すように、電極接合層 31 の形成領域は、ITO 電極層 30 の接合界面において分散形成することにより、発光層部 24 における発光をより均一化し、かつ電極接合層 31 の非形成領域からより均一に光を取り出すことができる。図 7 (a) は電極接合層 31 の形成領域を散点状とした例であり、(b) は細長い帯状の電極接合層 31 の形成領域と非形成領域とを交互に形成した例である。さらに、(c) は、(a) とは逆に、電極接合層 31 の形成領域を背景として、散点状の非形成領域をこれに分散形成した例である。ここでは電極接合層 31 の形成領域を格子状に形成している。特に、正方形換算にて一辺が  $400\mu\text{m}$  以上の大面積の発光素子の場合、均一な面発光を可能とするため、ボンディングパッド 9 以外の領域の全面積に対して、電極接合層 31 の形成領域の面積比率を 10% 以上 (100% 含む) とすることが望ましい。また、ボンディングパッド 9 の被覆面積率が 1% 以上 10% 以下とすることが、光取り出し効率を向上させる観点において望ましい。

#### 【0058】

第二領域 SA において電極接合層 31 の形成領域と非形成領域とを混在させる

場合、図8の発光素子300のように、金属（例えばAuGe合金）よりなる電極接合層131を分散形成してもよい。

#### 【0059】

図9に示す発光素子400は、クッション層120をGaPにて構成している（ドーパント濃度の範囲は、AlGaAsにて構成したクッション層20と同じである：また、他の層は図1の発光素子と同様に構成する）。この場合、ITO電極層30の成膜時や、電極接合層31を形成するための熱処理時に、GaPよりなるクッション層20から、電極接合層31を経てITO電極層30にリンが拡散し、ITO電極層30の電極接合層31への密着強度が低下する可能性がある。この場合、特に、図3の工程（d）に示すボンディングパッド9のフォトリソグラフィによるパターニング処理や、図4の工程（a）のハーフダイシング、さらには工程（b）のメサエッチング時に、ITO電極層30が剥離しやすくなり、不良や歩留まり低下を招きやすくなる。

#### 【0060】

そこで、GaPよりなるクッション層120と電極接合層31との間に、例えばAlGaAsよりなるリンブロック層（Al含有介在層）32を介挿しておくこと、クッション層20からITO電極層30へのリンの拡散を効果的に抑制することができ、また、AlGaInPよりなる発光層部からの発光光束の吸収も生じにくい。この場合、リンブロック層32はAlGaAsにて構成されることで、前述の中間層（図12参照）としての機能も果たす。なお、リンブロック層32と電極接合層31との合計厚さは、20nm以上とすることが望ましい。この実施形態では、リンブロック層32がクッション層120を覆う形で形成される一方、電極接合層31は図8と同様にパターニングされ、電極接合層31の非形成領域においてリンブロック層32の最表層部に、図2あるいは図6に示すAl系絶縁層11が形成される。

#### 【0061】

なお、図1のように、クッション層20がAlGaAsよりなる場合（すなわち、図1の構成である）は、AlGaAsよりなるクッション層20自体がリンブロック層として機能し、クッション層20からITO電極層30へのリンの拡

散がそもそも生じず（当然、クッション層 20 は比較的厚いので、AlGaInP よりなるクラッド層 6 からのリン拡散も生じにくい）、また、クッション層 20 とは別にリンブロック層を設ける必要もないから、工程も簡略化できる。

#### 【0062】

なお、図 1、図 5、図 8 及び図 9 においては、GaP ないし AlGaAs よりなるクッション層 20 のドーパント濃度は、クラッド層 6 のドーパント濃度よりも低く設定されているが、これらクッション層 20 の代わりに、クッション層 20 と同程度の厚さを有した、GaP ないし AlGaAs よりなる電流拡散層を設けることもできる（電流拡散層は、クラッド層 6 よりものドーパント濃度が高く設定される）。

#### 【0063】

図 10 の発光素子 500 においては、ボンディング側化合物半導体層 60（中間層 32 を除いた部分）の全体を、p 型 AlGaInP クラッド層（第二導電型クラッド層）6 として構成している。この場合、p 型 AlGaInP クラッド層 6 の厚さ  $t_1$  を  $0.6\mu\text{m}$  以上  $10\mu\text{m}$  未満とし、その p 型ドーパント濃度を  $4\times 10^{16}/\text{cm}^3$  以上  $1\times 10^{18}/\text{cm}^3$  未満に調整する。この構成では、n 型 AlGaInP クラッド層 4 は、電極ワイヤ 47 の接合による損傷の影響がほとんど及ばないため、その厚さ  $t_3$  は p 型 AlGaInP クラッド層 6 の厚さ  $t_1$  より小さく設定することができる。

#### 【0064】

上記構成において、In を含有した GaAs よりなる電極接合層 31 は、図 11 及び図 12 を用いて既に説明した通り、p 型 AlGaInP クラッド層 6 に直接接触させると両者の間に形成されるヘテロ障壁がやや高くなり、接触抵抗の増大を招くことがある。そこで、電極接合層 31 と p 型 AlGaInP クラッド層 6 との間に、AlGaAs よりなる中間層 32 を配置してある。そして、この中間層 32 がリンブロック層（Al 含有介在層）を兼ねている。電極接合層 31 は図 8 と同様にパターニングされ、電極接合層 31 の非形成領域においてリンブロック層 32 の最表層部に、図 2 あるいは図 6 に示す Al 系絶縁層 11 が形成されている。

**【図面の簡単な説明】****【図 1】**

本発明の発光素子の一実施形態を積層構造にて示す模式図。

**【図 2】**

図 1 の発光素子における A l 系絶縁層の概念図。

**【図 3】**

図 1 の発光素子の製造工程の一例を示す説明図。

**【図 4】**

図 3 に続く説明図。

**【図 5】**

本発明の発光素子の第一変形例を積層構造にて示す模式図。

**【図 6】**

図 5 の発光素子における A l 系絶縁層の概念図。

**【図 7】**

図 5 の発光素子における電極接合層の種々の形成形態を示す平面模式図。

**【図 8】**

本発明の発光素子の第二変形例を積層構造にて示す模式図。

**【図 9】**

本発明の発光素子の第三変形例を積層構造にて示す模式図。

**【図 1 0】**

本発明の発光素子の第四変形例を積層構造にて示す模式図。

**【図 1 1】**

中間層を形成しない場合の、電極接合層のバンド構造の例を示す模式図。

**【図 1 2】**

中間層を形成する場合の、電極接合層のバンド構造の例を示す模式図。

**【符号の説明】**

4    n 型クラッド層（第一導電型クラッド層）

5    活性層

6    p 型クラッド層（第二導電型クラッド層）

9   ボンディングパッド

1 1   A l 系絶縁層

2 4   発光層部

2 0   クッション層（A l 含有介在層、リンブロック層）

1 2 0   クッション層（リン含有半導体層）

3 0   I T O 電極層（酸化物透明電極層）

3 1, 1 3 1   電極接合層

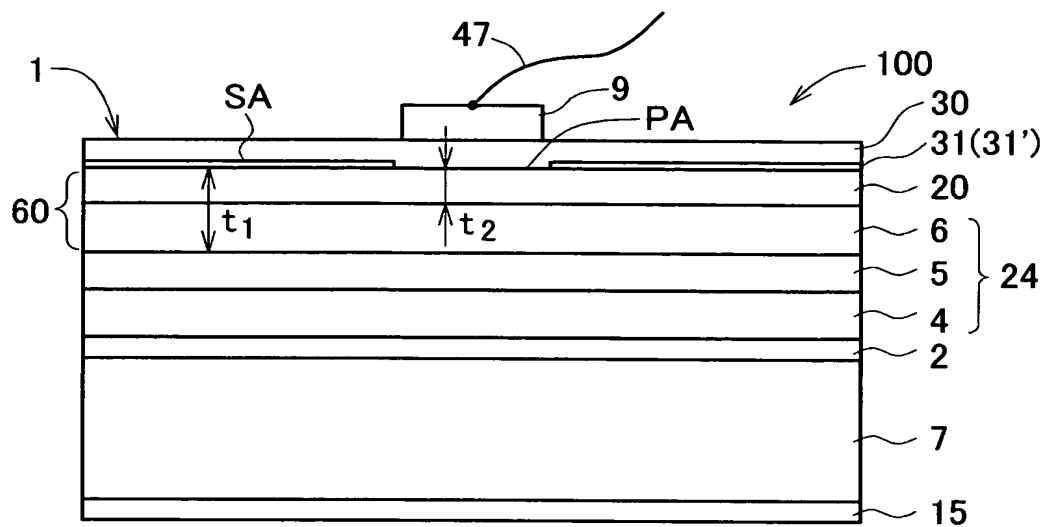
3 2   中間層（A l 含有介在層、リンブロック層）

6 0   ボンディング側半導体層

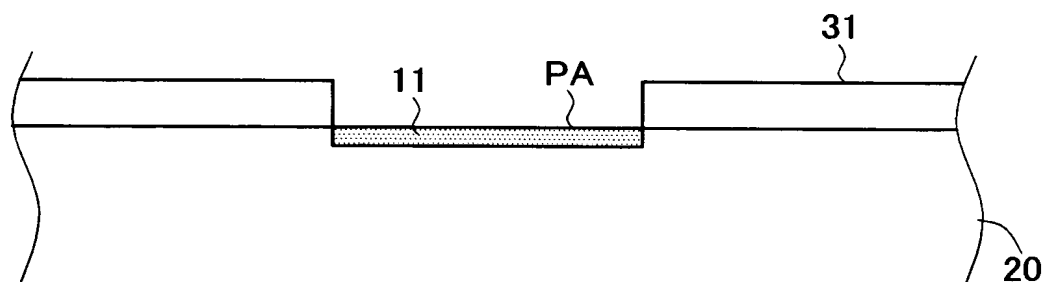
1 0 0, 2 0 0, 3 0 0, 4 0 0, 5 0 0   発光素子

【書類名】 図面

【図 1】

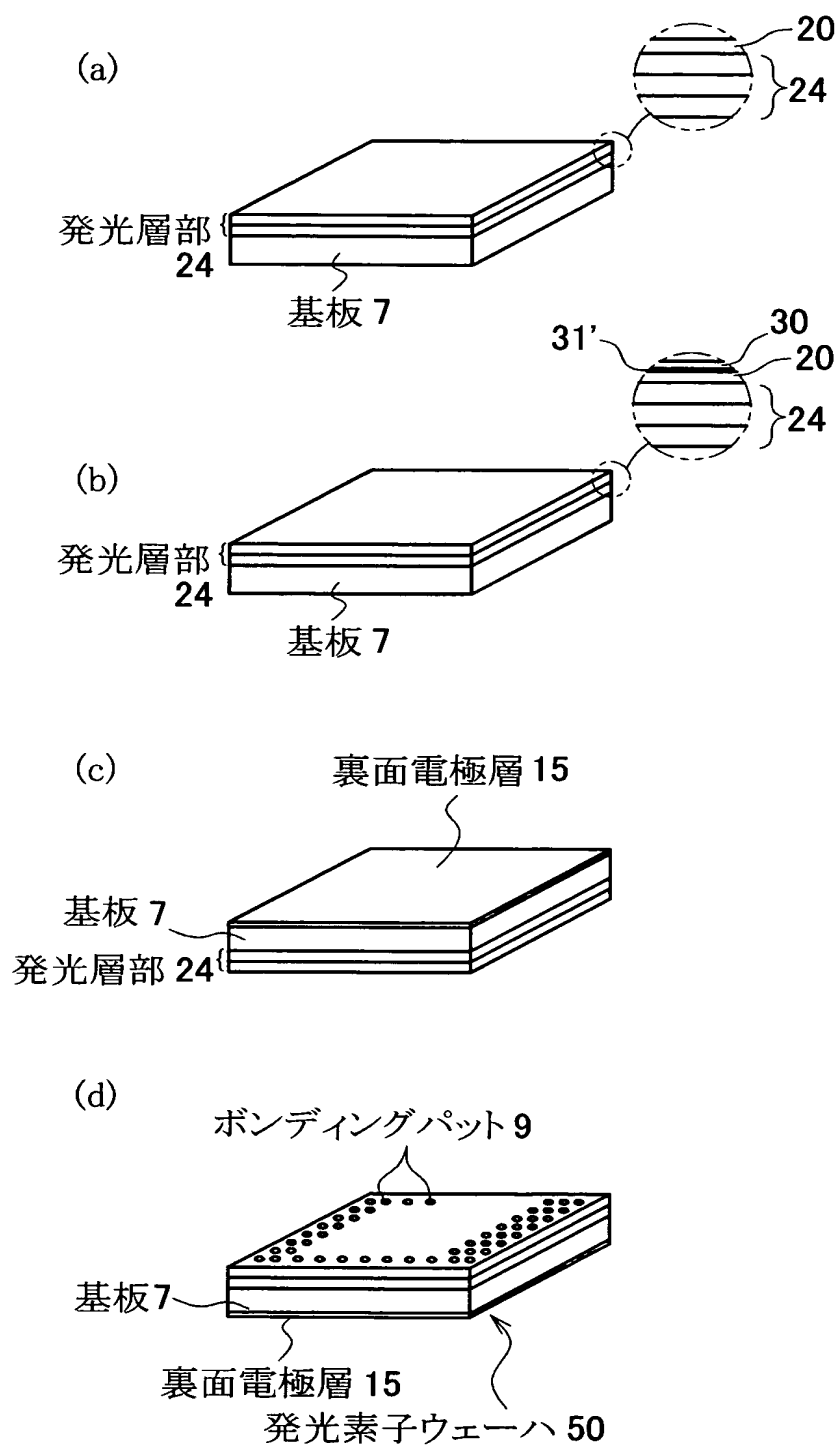


【図 2】

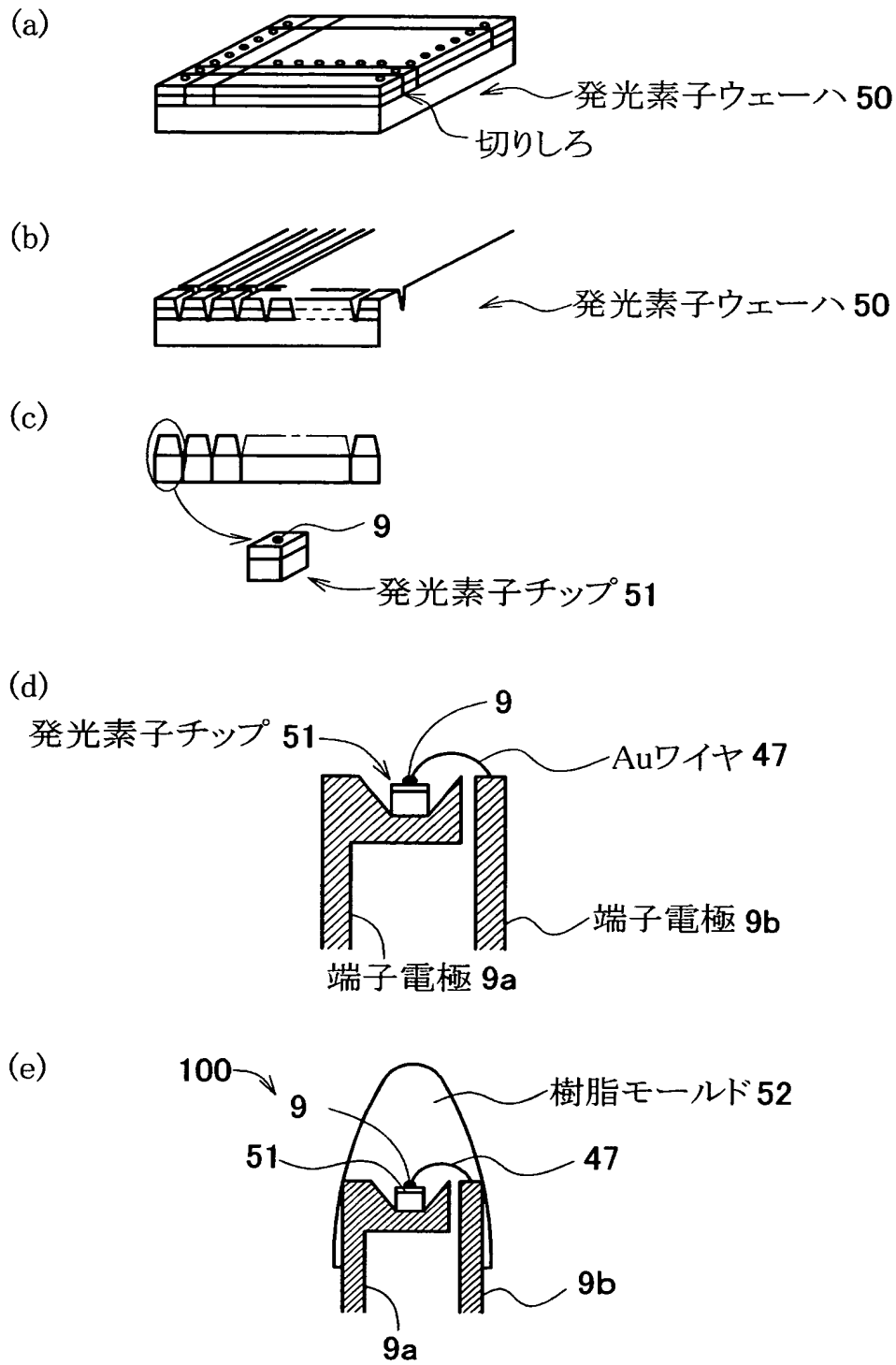




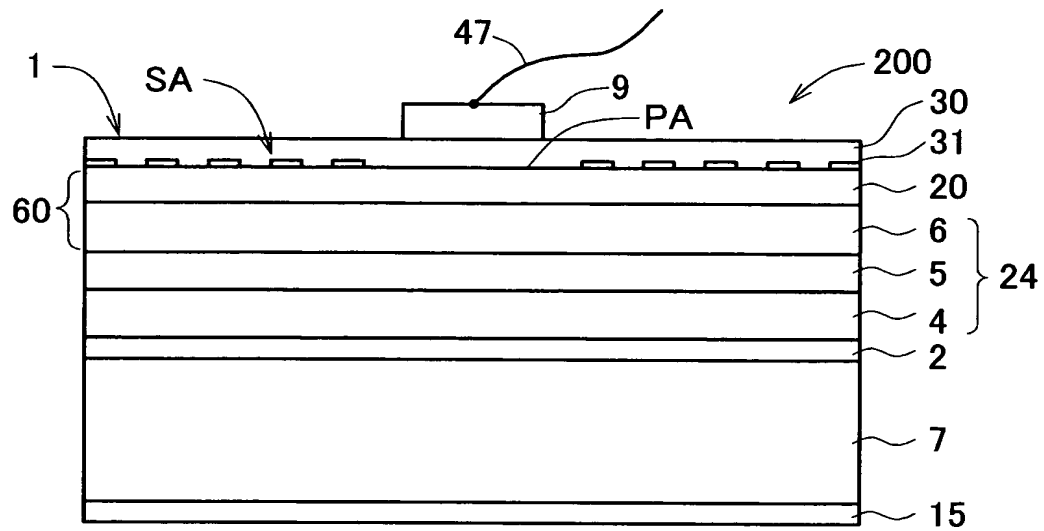
【図 3】



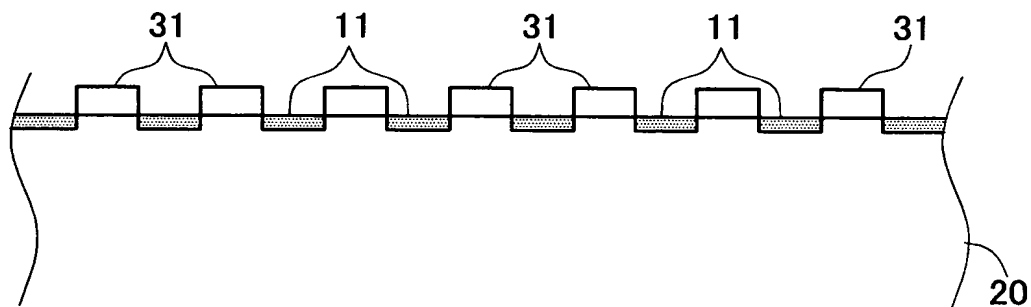
【図 4】



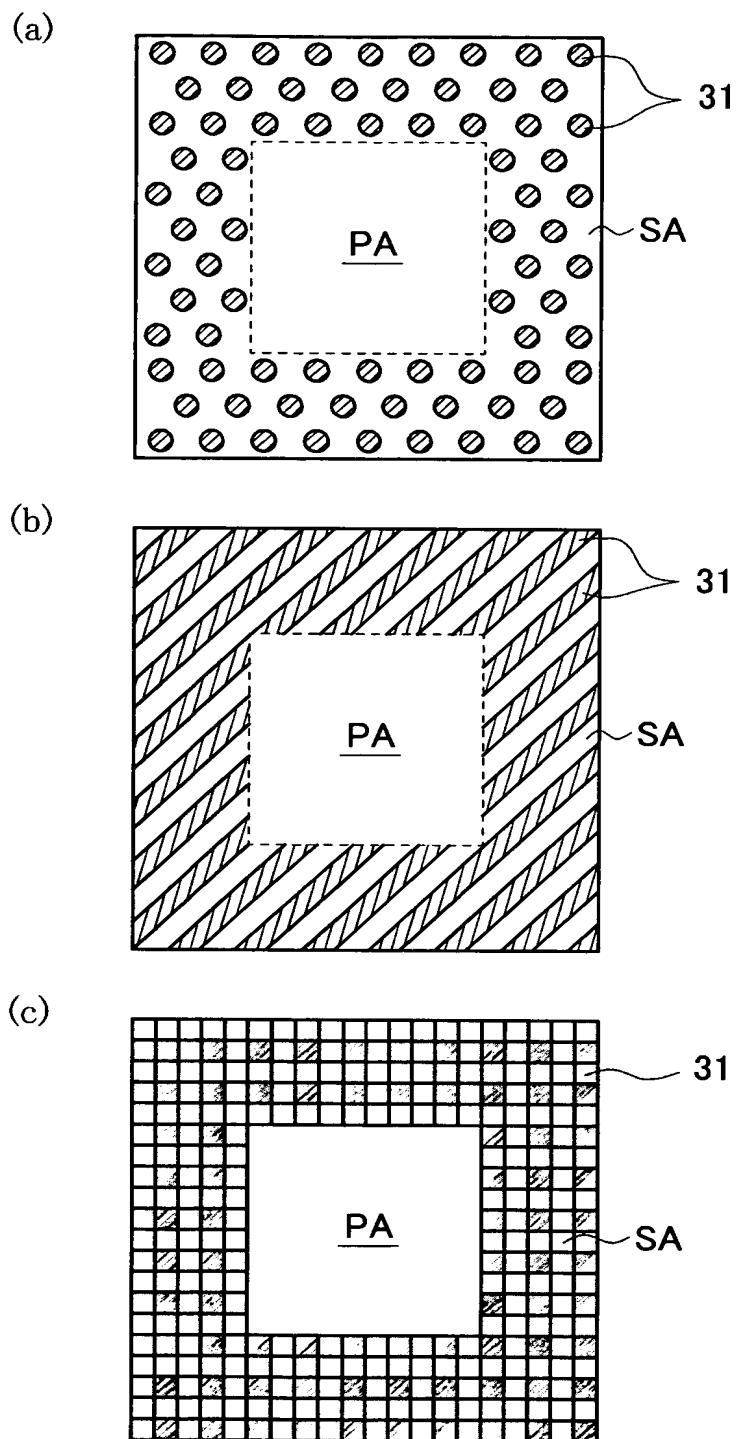
【図 5】



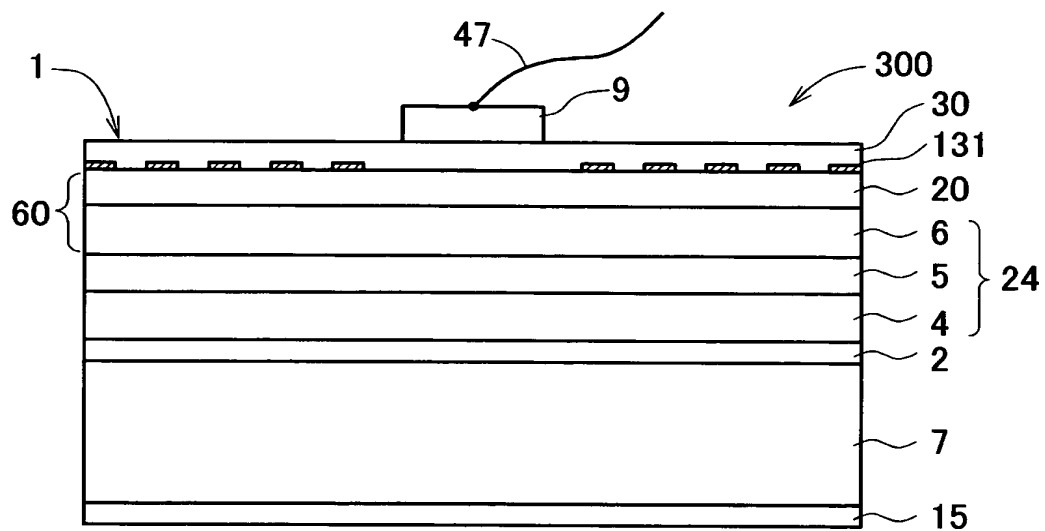
【図 6】



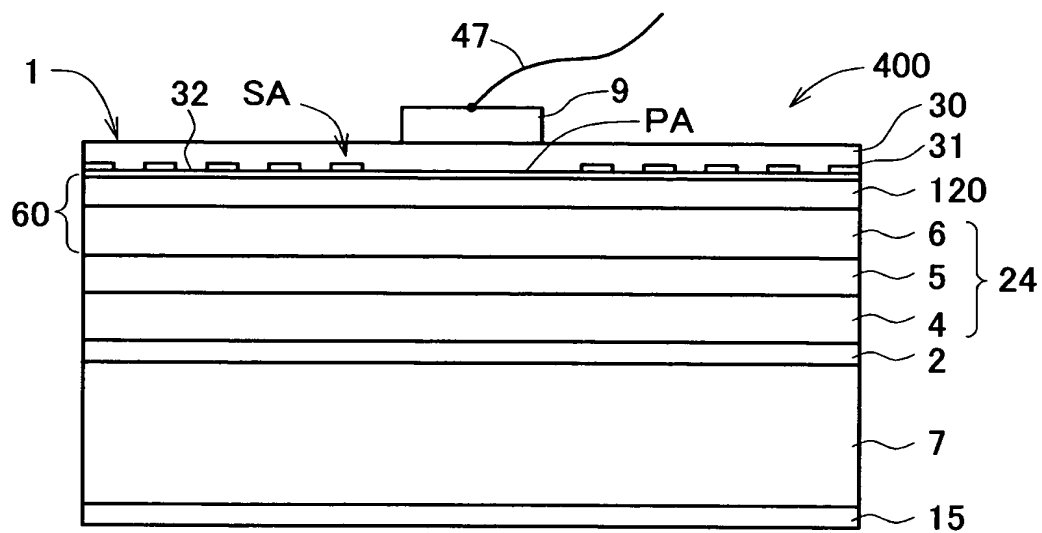
【図 7】



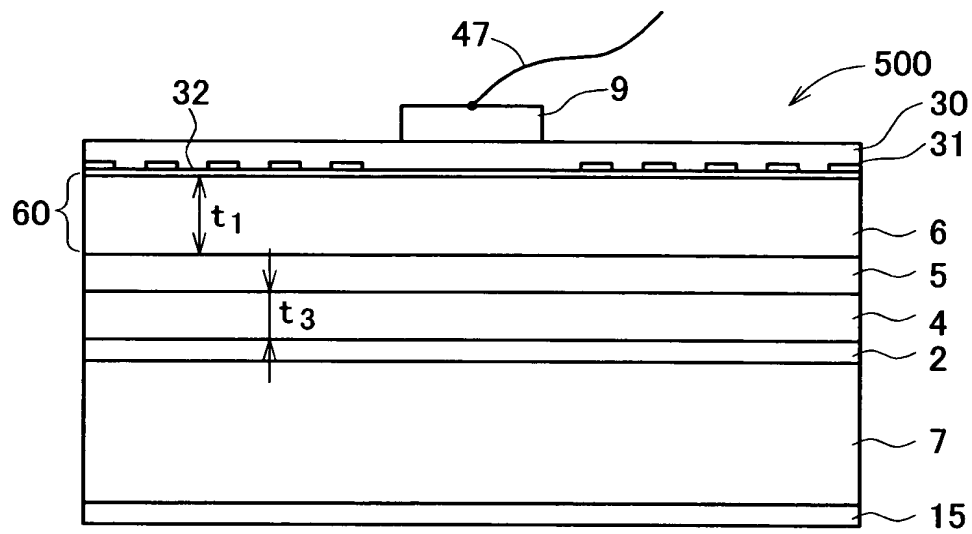
【図 8】



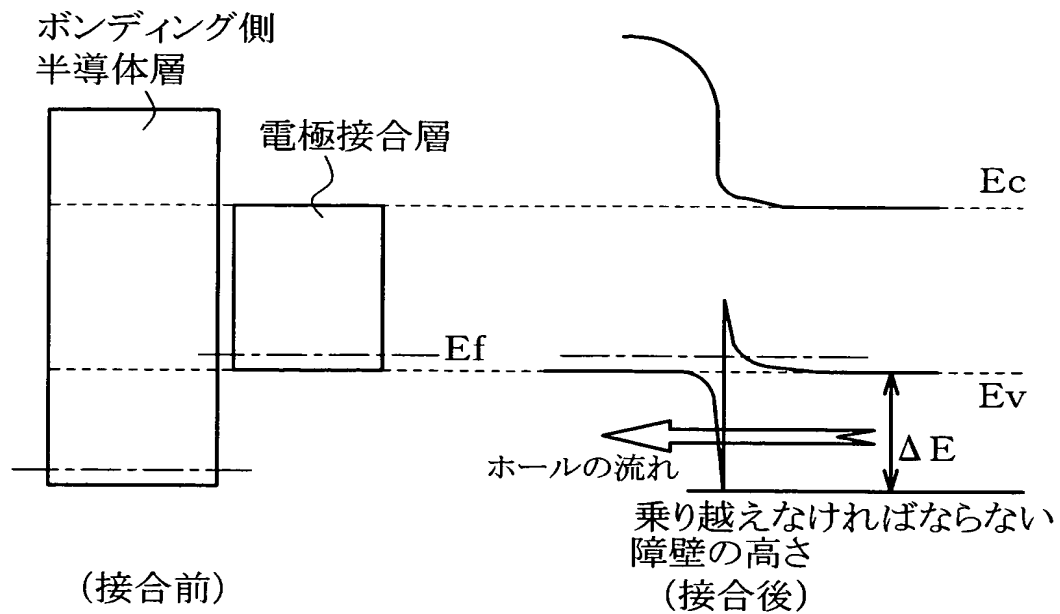
【図 9】



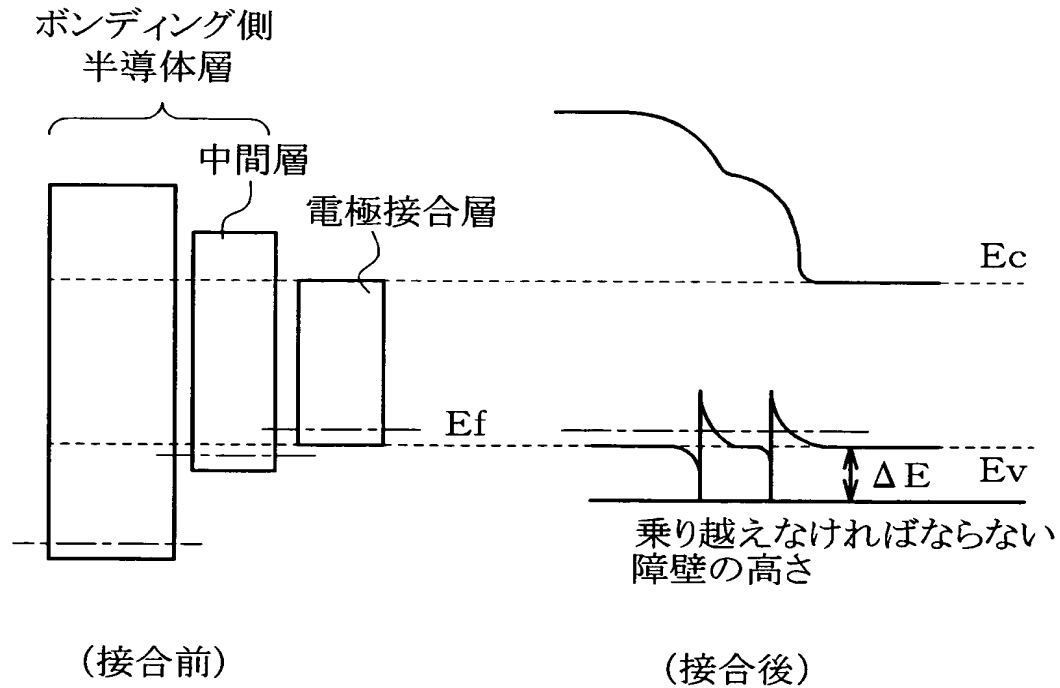
【図 10】



【図 1 1】



【図 1 2】





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 酸化物透明電極層を発光駆動用の電極として有し、かつ酸化物透明電極層による光取出効率の改善効果をより有効に引き出すことができる発光素子を提供する。

【解決手段】 発光素子 100 は、発光層部 24 に発光駆動電圧を印加するための ITO 電極層 30 を有し、発光層部 24 からの光が、該 ITO 電極層 30 を透過させる形で取り出される。また、発光層部 24 と ITO 電極層 30 との間に、In を含有した GaAs よりなる電極接合層 31 が、該 ITO 電極層 30 と接するように配置され、ITO 電極層 30 の接合界面において、電極接合層 31 の形成領域 SA と非形成領域 PA とが混在する。そして、電極接合層 31 と発光層部 24 との間に、Al を含有した化合物半導体よりなる Al 含有介在層 20 が、電極接合層 31 の形成領域 SA と非形成領域 PA とにまたがる形で配置され、かつ、電極接合層 31 の非形成領域 PA において、該 Al 含有介在層 20 の ITO 電極層 30 側の最表層部に Al 系絶縁層が選択的に形成されてなる。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 2 - 3 7 8 5 7 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 1 9 0 1 4 9 ]

1 . 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 7 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区丸の内 1 丁目 4 番 2 号

氏 名

信越半導体株式会社

特願 2 0 0 2 - 3 7 8 5 7 8

特許庁

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 5 0 1 0 4 5 0 2 1 ]

1. 変更年月日

2 0 0 1 年 1 1 月 8 日

[変更理由]

名称変更

住 所

東京都三鷹市下連雀 3 丁目 3 8 番 4 号

氏 名

株式会社ナノテコ

2. 変更年月日

2 0 0 2 年 1 月 2 5 日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都三鷹市下連雀 3 丁目 3 8 番地 4 号 三鷹産業プラザ 4 0 8

氏 名

株式会社ナノテコ